

# ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПРИЗНАКОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭХОКАРДИОГРАФИИ

Бобкова А.О.<sup>1</sup>, Мухтаров А.А.<sup>1</sup>, Поршневу С.В.<sup>1</sup>, Зюзин В.В.<sup>1</sup>, Бобков В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина  
Россия, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Тел: 922 919 27 77; e-mail: iconismo@gmail.com

<sup>2</sup>Медицинские информационные технологии Россия,  
Верхняя Пышма, ул. Ленина, 125Г тел: 922 202 08 84; e-mail: btow@yandex.ru

**Аннотация** — Приведены результаты оценки индивидуальной информативности признаков, которые используются для анализа ультразвуковых изображений левого желудочка сердца. С уровнем значимости 5 % все признаки обладают хорошей индивидуальной разделяющей способностью, а значит могут быть использованы для классификации пикселей изображения на два класса — пиксели фона и пиксели области левого желудочка.

## EVALUATION OF INDIVIDUAL INFORMATIVITY OF FEATURES USED TO ANALYZE THE RESULTS OF ECHOCARDIOGRAPHY AUTOMATICALLY

Bobkova A.O.<sup>1</sup>, Mukhtarov A.A.<sup>1</sup>, Porshnev S.V.<sup>1</sup>, Zuzin V.V.<sup>1</sup>, Bobkov V.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin Russia, Ekaterinburg, ul. Mira, 19  
тел: 922 919 27 77; e-mail: iconismo@gmail.com

<sup>2</sup>Medical information technologies Russia, Verhnaja Pyshma, ul. Lenina, 125G Тел: 922 202 08 84; E-mail: btow@yandex.ru

**Abstract** — Evaluation results of individual informativity of features used for analyzing ultrasonic images of the left ventricle of the heart is provided. With the 5% significance level all features have good individual separation capacity. So, they can be used for classifying pixels of the image into two classes - background pixels and the pixels of the left ventricle.

### I. Введение

Ультразвуковое исследование (УЗИ) является неинвазивным методом, который не производит ионизирующих излучений, относительно недорог и довольно прост в использовании. По этой причине он широко используется в различных областях медицины и, в том числе, в кардиологии. В данной отрасли он именуется эхокардиографией (ЭхоКГ). Апикальная четырехкамерная позиция является одной из ключевых в изучении глобальной и локальной сократимости левого желудочка (ЛЖ).

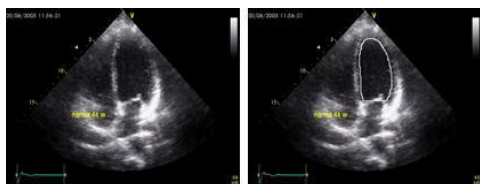


Рисунок 1. ЭхоКГ изображение (слева) и контур, обозначенный экспертом (справа)

Задаче автоматической идентификации границ желудочков сердца на эхокардиографических изображениях уделяется значительное внимание в литературе. Целью решения этой задачи является предоставление вычислительных и наглядных средств для диагностики заболеваний сердца.

Изучение опыта работы врачей-экспертов показало, что при построении контура ЛЖ человек опирается на множество низкоуровневых характеристик каждого отдельного кадра и на характер их изменения между кадрами. Так, например, если на некотором кадре появляются шумы на границе ЛЖ, эксперт

их игнорирует и проводит границу так, как если бы их не было. В тех случаях, когда некоторые участки границы неразличимы, эксперт достраивает контур на основе своих представлений об идеальном контуре. Это вполне согласуется с теорией интеграции отличительных признаков [1].

В этой связи целесообразно проанализировать возможность применения различных алгоритмов обработки изображений, подчеркивающих важные и устраняющие незначимые детали изображения. В результате, оценив их индивидуальную способность разделять пиксели фона от пикселей ЛЖ, можно будет отсеять неинформативные признаки и далее скомбинировать оставшиеся наиболее оптимальным образом для использования в машинном обучении.

### II. Основная часть

В качестве признаков, характеризующие пиксели изображения, использовались характеристики, перечисленные в табл. 1. Признаки 4-43 из матричного представления признаки были преобразованы в вектора.

Табл. 1. Используемые признаки

№	Описание признака
1	Номер строки пикселя
2	Номер столбца пикселя
3	Отношение номер кадра к общему количеству кадров
4	Модуль разности первого и текущего кадров видеопоследовательности
5	Сумма первого и текущего кадров видеопоследовательности
6	Деление первого и текущего кадров видеопоследовательности

№	Описание признака
7	Умножение первого и текущего кадров видеопоследовательности
8	Вычитание первого и текущего кадров видеопоследовательности
9	Матрица угловых метрик (с настроенным контрастом)
10-11	Горизонтальные и вертикальные линии (с применёнными операциями дилатации и заливки отверстий)
12-13	Операция расширенного максимума ( <i>extended-maxima transform</i> ) со значениями $H=150$ $H=200$ (связностью 4)
14	Эквализация гистограммы ( <i>contrast-limited adaptive histogram equalization</i> )
15	Декорреляционное растяжение
16-19	Улучшение контраста с использованием эквализации гистограммы с 20, 10, 5, 3 интервалами
20	Сглаживание значений интенсивности (в MATLAB $J = \text{imadjust}(I)$ )
21	Двухмерный медианный фильтр
22	Фильтрация на основе статистики второго порядка ( <i>2-D order-statistic filtering</i> )
23	Сглаживания значений интенсивности (в MATLAB $J = \text{imadjust}(I, \text{stretchlim}(I), [])$ )
24	Адаптивная винеровская фильтрация
25	Фильтр, аппроксимирующий линейные движения камеры
26	Округлый усредняющий фильтр
27	Усредняющий фильтр
28	Гауссовый фильтр нижних частот
29	Фильтр, аппроксимирующий двумерный оператор Лапласа
30	Фильтр лапласиана гауссиана
31	Фильтр улучшения контраста
32	Двумерное косинусное преобразование
33	<i>Top-hat</i> фильтрация
34	<i>Bottom-hat</i> фильтрация
35	<ul style="list-style-type: none"> <li>Матрицу текущего изображения складываем с матрицей, полученной в результате применения <i>top-hat</i> фильтрации;</li> <li>Вычитаем из полученной матрицы матрицу, полученную в результате применения <i>bottom-hat</i> фильтрации;</li> <li>Применяем медианную фильтрацию.</li> </ul>
36	Подавление светлых структур, которые примыкают к краям изображения, и применения медианной фильтрации
37-40	Морфологические операции закрытия, дилатации, эрозии, открытия
41-43	Вычисление локальной энтропии, размаха и стандартного отклонения

Таким образом, после вычисления всех признаков мы имеем 43 вектора  $f_i^1, f_i^2, \dots, f_i^n$ , где  $n=43$  – количество признаков,  $i = 1, p$  – номер пикселя,  $p$  – количество пикселей. Соответственно, каждый вектор признаков  $f_i^n$  содержит  $p$  элементов. Далее все векторы признаков были объединены в единую матрицу признаков

$X^{(1)} = f_i^1, X^{(2)} = f_i^2, \dots, X^{(n)} = f_i^n$ . Далее был сформирован вектор  $i \in Y$ , содержащий метки класса («0» или «1») для каждого  $i$ -го пикселя. Пикселям, принадлежащим области фона, присваивалась метка «0», пикселям, принадлежащим области ЛЖ, – метка «1».

Очевидно, что не все из описанного выше множества признаков могут быть достаточно информативными для их использования в задаче классификации, поэтому мы проверили индивидуальную разделяющую способность признаков при решении задачи классификации пикселей на два класса (пиксели фона и пиксели области ЛЖ).

В связи с тем, что значения признаков варьируются в различных диапазонах, использование методов селекции признаков предварялось операцией нормализации данных. (В отсутствие нормализации признаки с большими значениями имеют большее влияние функцию затрат при разработке классификатора. Нормализация данных ограничивает значения всех признаков внутри заданных диапазонов.) В работе значения были нормализованы к диапазону  $[0, 1]$ .

Первым шагом в выборе признаков явилась проверка индивидуальной информативности признаков. Для этого использовалась следующая методика:

пусть  $f\_zero_i^n$  признаки пикселей с метками класса «0»,  $f\_one_i^n$  – признаки пикселей с метками класса «1», тогда признак  $f_i^n$  имеет хорошую индивидуальную селективную способность, если  $f\_zero_i^n$  и  $f\_one_i^n$  принадлежат разным распределениям. Неинформативные признаки далее подлежали исключению из рассмотрения.

На первом шаге для корректного выбора теста, используемого для проверки статистических гипотез, было проверено соответствие распределений каждого из множества признаков на соответствие нормальному закону распределения с помощью теста Лиллиефорса [2]. В соответствии с данным тестом распределения всех признаков при уровне значимости 5 % оказались отличными от нормального закона распределения, поэтому далее мы использовали тест Колмогорова-Смирнова для проверки гипотезы о том, что две совокупности значений случайно величины  $f\_zero_i^n$  и  $f\_one_i^n$  принадлежат одному непрерывному распределению. В результате при уровне значимости 5 % был сделан обоснованный вывод о том, что для всех признаков  $f\_zero_i^n$  и  $f\_one_i^n$  принадлежат разным распределениям. Следовательно, все признаки обладают хорошей индивидуальной разделяющей способностью.

### III. Заключение

Оценка индивидуальной информативности признаков, описывающих ЛЖ сердца позволяет сделать вывод о том, что все признаки обладают хорошей индивидуальной способностью и могут быть использованы для решения задачи классификации пикселей на пиксели фона и пиксели области ЛЖ.

### IV. Литература

- [1] Левашкина А.О., Поршнев С.В. Методы поиска изображений на основе визуального сходства // монография, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011, с.293.
- [2] Smith M. Statistical Analysis Handbook // A free web-based statistics resource [<http://www.statsref.com/>]